



CONFÉDÉRATION SUISSE  
BUREAU FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.<sup>2</sup>: G 04 C 3/00  
G 04 C 5/00



①⑨

**CH FASCICULE DU BREVET** B5

①①

**597 636**

R

- ②① Numéro de la demande: 16918/72  
⑥① Additionnel à:  
⑥② Demande scindée de:  
②② Date de dépôt: 21. 11. 1972, 17 h  
③③ ③② ③① Priorité:

- ④② ④④ Demande publiée le 31. 5. 1977  
Brevet délivré le 31. 10. 1977  
④⑤ Exposé d'invention publié le 14. 4. 1978  
Conforme au mémoire exposé 16918/72

- ⑤④ Titre: **Mouvement d'horlogerie mû par un ressort et régulé  
par un circuit électronique**
- ⑦③ Titulaire: Ebauches S.A., Neuchâtel
- ⑦④ Mandataire: Lauber, Fontannaz & Cie, Genève
- ⑦② Inventeur: Jean-Claude Berney, Lausanne

- ⑤⑥ Ecrits et images opposés  
en cours d'examen **Aucun**

Dans les mouvements d'horlogerie électronique, on doit généralement changer tous les ans la pile qui fournit l'énergie, ce qui constitue un handicap commercial. Certains ont proposé l'utilisation d'une génératrice transformant l'énergie mécanique issue des mouvements du bras en énergie électrique. Cette énergie électrique, stockée dans un accumulateur, alimente un moteur électrique, à vitesse de rotation stable (balancier-spiral moteur, moteur pas à pas, moteur synchrone, etc.) qui entraîne le rouage d'affichage de l'heure. De telles solutions ont un mauvais rendement énergétique car on transforme l'énergie mécanique en énergie électrique pour ensuite la retransformer en énergie mécanique.

Le mouvement selon la présente invention a pour but de supprimer ces inconvénients en éliminant le moteur électrique. Il est mû par un ressort moteur et régulé par un circuit électronique; il est caractérisé par une génératrice entraînée par ledit ressort moteur par l'intermédiaire d'au moins une partie du rouage d'affichage de l'heure, cette génératrice produisant une tension alternative de fréquence FG qui alimente un circuit électronique comportant un oscillateur de précision fournissant, par un diviseur de fréquence, une fréquence de référence FR, caractérisé en outre par un comparateur des fréquences FG et FR ou des multiples ou sous-multiples de ces dernières, ce comparateur agissant sur un circuit de charge de telle manière que le courant électrique prélevé aux bornes de la génératrice augmente lorsque FG est plus grand que FR et freine ainsi cette dernière, ce qui stabilise sa vitesse de rotation et, par là, la vitesse de rotation des organes d'affichage de l'heure.

Il va de soi que le ressort fournissant l'énergie au système peut être réarmé soit manuellement, soit automatiquement par les divers moyens connus en horlogerie.

Le dessin annexé représente à titre d'exemple deux formes d'exécution de la génératrice et deux formes d'exécution du circuit électronique.

La fig. 1 est une vue très schématisée de l'ensemble du mouvement, comportant la génératrice selon la première forme d'exécution.

La fig. 2 est une coupe axiale de cette génératrice.

La fig. 3 est une vue partielle très schématisée de la génératrice selon la seconde forme d'exécution.

La fig. 4 représente la courbe de tension induite par l'une ou l'autre des génératrices.

La fig. 5 représente le schéma du circuit électronique selon la première forme d'exécution.

La fig. 6 représente le schéma du circuit électronique selon la seconde forme d'exécution.

Le mouvement représenté à la fig. 1 comporte un barillet 1 entraînant la génératrice par une partie du rouage d'affichage de l'heure, formé des roues 3, 5, 7, 9 et 11 et des pignons 2, 4, 6, 8, 10 et 12, ce dernier étant solidaire du rotor de la génératrice 13, selon la première forme d'exécution, la chaîne de ces rouages interposés constituant une importante démultiplication.

Le ressort du barillet est remonté automatiquement par un rotor central 29, entraînant les deux cliquets 22 par l'intermédiaire du pignon 19 de la roue 20 et du plateau excentrique 21. Ces cliquets agissent sur la roue à cliquets 23 et par là sur la roue à rochet 24, de telle manière que le sens de rotation de ces mobiles ne dépende pas du sens de rotation de la masse du rotor 29.

La génératrice 13 comporte un rotor, formé de deux flasques en fer doux, six aimants 14 montés sur l'un des flasques et une bobine fixe 15 devant laquelle défilent tour à tour les aimants.

Le nombre six n'est pas limitatif, mais le nombre d'aimants devra toujours être pair. Il pourrait aussi y avoir plusieurs bobines fixes, par exemple deux, décalées de 180°.

Ces six aimants sont polarisés alternativement Nord-Sud, Sud-Nord, de telle façon que lorsque le rotor tourne, une tension induite  $U_i$  alternative apparaît aux bornes de la bobine 15 selon la courbe de tension de la fig. 4, qui correspond à un tour de rotor.

Le circuit électronique se compose essentiellement d'un circuit intégré 16, qui réalise les fonctions décrites plus loin, d'un résonateur à quartz 18, qui fixe de manière très stable la fréquence de l'oscillateur, et d'un trimmer 17, qui permet d'ajuster la fréquence de l'oscillateur.

La génératrice 13 est vue en coupe axiale à la fig. 2, avec sa bobine fixe 15.

La fig. 3 représente très schématiquement et en plan la disposition de la génératrice selon la seconde forme d'exécution, dont le rotor 13' forme, avec le spiral 28, un résonateur du type balancier-spiral. L'énergie est alors transmise du rouage du mouvement par la roue d'échappement 26 et l'échappement 27, comme cela se fait classiquement dans les montres mécaniques, ce qui constitue également une importante démultiplication.

Ce rotor oscillant ne porte ici plus que deux aimants 14', de position renversée l'un par rapport à l'autre et passant alternativement devant la bobine fixe 15, dans laquelle ils induisent également une tension alternative  $U_i$  (fig. 4).

Le résonateur ainsi formé doit présenter une fréquence d'oscillation FG variable selon l'amplitude de part et d'autre de la fréquence FR (défaut d'isochronisme). Ces variations d'amplitude d'oscillation sont ainsi assimilables à des variations de vitesse de rotation de la génératrice. Le circuit électronique agit de la même manière que dans le cas de la fig. 1, mais cette disposition a l'avantage de fixer d'emblée la vitesse de rotation du rouage aux environs de la fréquence de régulation FR.

La fig. 5 représente le schéma du circuit électronique selon la première forme d'exécution. Il peut être intégré en technique CMOS à très faible consommation. Son oscillateur est un quartz.

Ce circuit comporte tout d'abord un redresseur A, qui fournit une tension continue V à partir de la tension  $U_i$  de la bobine 15. Cette tension, intégrée dans le condensateur C permet d'alimenter les éléments D, E, F, G, H dans lesquels:

D est un amplificateur qui permet de mettre en forme la tension alternative  $U_i$  à la fréquence FG;

G est l'oscillateur à quartz;

F est un diviseur de fréquence fournissant la fréquence de référence FR et

E un comparateur entre les fréquences FG et FR, fournissant un signal logique ou analogique qui dépend des variations entre FG et FR.

Il peut s'agir d'un simple comparateur de phase ou de toute autre disposition bien connue des électroniciens.

Une de ces dispositions par exemple consiste à attaquer un compteur bidirectionnel (comptage/décomptage). La fréquence FG est appliquée à l'entrée comptage, la fréquence FR à l'entrée décomptage. Si le même nombre d'impulsions est appliqué aux deux entrées (FG = FR), l'état du compteur est stable. Si on applique plus d'impulsions sur le comptage que sur le décomptage (FG plus grand que FR), l'état du compteur décroît. Il est alors possible de donner à la sortie du comparateur un signal +V lorsque FG > FR ou un signal 0 lorsque FG < FR.

H est enfin un simple amplificateur inverseur. Sa sortie est à +V lorsque 0 est appliqué à l'entrée, c'est-à-dire lorsque FG < FR. Le courant consommé dans la résistance R est alors nul. Lorsque FG > FR, on applique +V à l'entrée de H. La sortie de H est alors à 0. Nous consommons alors dans la résistance R une puissance égale à

$$\frac{V^2}{R}$$

Voici comment fonctionne l'ensemble génératrice/circuit électronique:

Il est bien connu qu'une génératrice ne peut en aucun cas fournir une puissance électrique supérieure à la puissance mécanique qu'elle reçoit. On sait que le ressort de barillet fournit une puissance mécanique stable. Cette puissance sera choisie telle que,

lorsque la résistance R n'est pas branchée, elle puisse fournir l'énergie électrique d'alimentation du circuit électronique qui est stable et assurer à la génératrice une vitesse de fonctionnement supérieure à la valeur de régulation. Dans ces conditions, le comparateur de fréquence détecte  $FG > FR$ . La tension à la sortie de l'amplificateur H est 0.

En branchant la résistance R, une puissance supplémentaire

$$\frac{V^2}{R}$$

sera prélevée sur la génératrice. Comme la puissance fournie par le ressort est constante, cette puissance supplémentaire ne peut être prélevée que sur l'énergie cinétique du rotor de la génératrice, ce qui freine celle-ci. R sera choisie de telle manière que la vitesse de rotation devienne inférieure à la valeur de régulation. Le comparateur de fréquence inverse alors le signal sur H. Il n'y a plus de puissance prélevée sur R; la génératrice accélère jusqu'au moment où  $FG > FR$ . Il y a donc régulation de  $FG$  à  $FR$ . La vitesse de rotation est stabilisée et l'aiguillage indique l'heure avec la précision donnée par l'oscillateur à quartz. Il s'agit donc d'une régulation de puissance qui s'exprime:

$$P_M - P_G - P_e - P_R = 0$$

$P_M$  = puissance mécanique délivrée par le ressort de barillet

$P_G$  = puissance dissipée par la génératrice et le rouage pour tourner à la vitesse de régulation

$P_e$  = puissance électrique consommée par le circuit

$P_R$  = puissance électrique de régulation au maximum

$$\frac{V^2}{R}$$

$$\frac{V^2}{R} > P_M - P_G > P_e$$

Nous voyons que les facteurs  $P_M$ ,  $P_G$  et  $P_e$  peuvent varier dans la mesure où cette relation est respectée.

La fig. 6 représente une seconde forme d'exécution d'un circuit électronique réalisant les conditions requises.

L'amplificateur D, l'oscillateur G, le diviseur F, le comparateur de fréquence E et l'amplificateur H fonctionnent de la même manière que dans le circuit précédent, mais le condensateur C est remplacé par un mini-accumulateur A. On utilise un redresseur commutable formé du transistor B. Lorsque  $FG > FR$ , le transistor est conducteur. On prélève une puissance  $P_a$  sur la génératrice. Lorsque  $FG < FR$ , le transistor B est coupé: on ne prélève plus d'énergie sur la génératrice. L'avantage de cette disposition est d'accumuler l'énergie de régulation, au lieu de la perdre dans une résistance.

En posant à nouveau l'équation de base, on sait que, en moyenne, l'énergie accumulée doit permettre l'alimentation du circuit:

$$P_a < P_M - P_G < P_e$$

Par contre, instantanément,  $P_a$  peut devenir nul puisque l'alimentation est assurée par l'accumulateur et non par la génératrice.

$$P_a < P_M - P_G < 0$$

Cela donne une sécurité supplémentaire de fonctionnement pour le passage du quantième, etc. D'autre part, le ressort de barillet ne développe pas la même puissance, à 0 ou à 36 h.

Voyons un cas pratique, avec un barillet de 35 ergs/s, soit 3,5  $\mu W$ , existant dans les montres dites haute fréquence (36000 Ah).

16918/72

		$\mu W$		
		Valeur max.	Valeur moyenne	Valeur min.
5	PM	4,0	3,5	3,0
	PG	2,0	1,0	0,5
	PA		5	
	Pe		2,0	

10 Prenons les cas les plus défavorables.

$$P_{M \min} - P_{G \max} > 0 \quad 3,0 - 2,0 = 1,0 > 0$$

$$P_{M \max} - P_{G \min} < P_a \quad 4,0 - 0,5 = 3,5 < 5$$

$$15 \quad P_{M \text{ moy}} - P_{G \text{ moy}} < P_a \quad 2 \quad 3,5 - 1 < 5$$

$$2,5$$

On voit que, si ces valeurs sont respectées, l'ensemble fonctionne parfaitement.

Il est évident que d'autres génératrices à un ou plusieurs 20 aimants, une ou plusieurs bobines peuvent être utilisées.

Les aimants peuvent être mobiles ou fixes ainsi que les bobines.

On peut également utiliser toutes les combinaisons de circuits 25 électroniques connus qui permettent de varier la consommation sur la génératrice. Les énumérer toutes serait fastidieux.

## REVENDEICATION

30 Mouvement d'horlogerie mû par un ressort moteur et régulé par un circuit électronique, caractérisé par une génératrice entraînée par ledit ressort moteur par l'intermédiaire d'au moins une partie du rouage d'affichage de l'heure, cette génératrice produisant une tension alternative de fréquence FG qui alimente un 35 circuit électronique comportant un oscillateur de précision fournissant, par un diviseur de fréquence, une fréquence de référence FR, caractérisé en outre par un comparateur des fréquences FG et FR ou des multiples ou sous-multiples de ces 40 dernières, ce comparateur agissant sur un circuit de charge de telle manière que le courant électrique prélevé aux bornes de la génératrice augmente lorsque FG est plus grand que FR et freine ainsi cette dernière, ce qui stabilise sa vitesse de rotation et, par là, la vitesse de rotation des organes d'affichage de l'heure.

## SOUS-REVENDEICATIONS

1. Mouvement selon la revendication, caractérisé en ce que la 50 génératrice est constituée d'un rotor porteur d'un nombre pair d'aimants de polarité successivement inversée et défilant, en cours de rotation, devant au moins une bobine induite fixe.

2. Mouvement selon la revendication, caractérisé en ce que la génératrice est constituée d'un rotor porteur d'une bobine induite 55 passant, en cours de rotation, devant un nombre pair d'aimants de polarité successivement inversée.

3. Mouvement selon la revendication, caractérisé en ce que la génératrice est constituée par le balancier d'un résonateur du type balancier-spiral, ce balancier portant deux aimants de polarité 60 inversée l'un par rapport à l'autre et passant, en cours d'oscillation, en regard d'une bobine induite fixe.

4. Mouvement selon la revendication, caractérisé en ce que la génératrice est constituée du balancier d'un résonateur du type balancier-spiral, ce balancier portant une bobine induite passant, 65 en cours d'oscillation, en regard de deux aimants de polarité inversée l'une par rapport à l'autre.

5. Mouvement selon la revendication, caractérisé en ce que la fréquence de référence est produite par un oscillateur à quartz.

6. Mouvement selon la revendication et la sous-revendication 5, caractérisé en ce que le circuit électronique est un circuit intégré CMOS à très faible consommation.

7. Mouvement selon la revendication et les sous-revendications 5 et 6, caractérisé en ce que le circuit électronique comporte un redresseur fournissant, à partir de la tension induite ( $U_i$ ) une tension  $V$  intégrée dans un condensateur alimentant un amplificateur destiné à mettre la tension induite en forme à la fréquence  $FG$ , l'oscillateur à quartz, le diviseur de fréquence fournissant la fréquence de référence  $FR$ , le comparateur entre les fréquences  $FG$  et  $FR$  fournissant un signal logique ou analogique.

8. Mouvement selon la revendication et les sous-revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le comparateur comporte un

compteur bidirectionnel à l'entrée de comptage duquel est appliquée la fréquence  $FG$ , tandis que la fréquence  $FR$  est appliquée à l'entrée de décomptage, ce compteur fournissant un signal  $+V$  lorsque son état croît et un signal  $0$  lorsqu'il décroît, un amplificateur inverseur étant prévu, dont la sortie est  $+V$  lorsque son entrée est à  $0$ , ces variations ayant pour effet de brancher ou débrancher une résistance de freinage destinée à prélever une puissance supplémentaire sur la génératrice.

9. Mouvement selon la revendication et les sous-revendications 5 et 6, caractérisé en ce qu'il comprend un accumulateur miniature, un redresseur commutable constitué d'un commutateur à semi-conducteur, conducteur lorsque  $FG$  est plus grand que  $FR$  et bloqué lorsque  $FR$  est plus grand que  $FG$ , de façon à charger l'accumulateur pendant que le commutateur est conducteur.



